VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

4. Studiul teodolitului.

Este instrumentul care permite masurarea directiilor la doua sau mai multe puncte din teren, precum şi înclinarea acestor directii. Determinarile se raporteaza la un plan orizontal care trece prin punctul în care se stationeaza cu teodolitul, numit punct de statie.

Clasificarea teodolitelor se face dupa :

- modul de citire a directiilor;
- precizia determinarilor;
- gradele de libertate ale miscarilor cercului orizontal.

Dupa modul de citire a directiilor, se cunosc doua categorii de teodolite:

- clasice, la care cercurile sunt gravate pe metal, citirile facându-se cu ajutorul vernierului, microscopul cu scarita sau microscop cu tambur. Acest ultim tip de aparat nu se mai construieste.
- moderne, la care cercurile sunt gravate pe sticla, iar lecturile se fac centralizat pentru ambele cercuri, într-un singur microscop, fixat pe luneta.
- electronice, la care cercurile sunt digitale, valoarea indicatiei fata de un reper de pe cercul gradat fiind afisata pe un ecran cu cristale lichide.

Clasificarea dupa precizia de determinare a unghiurilor conduce la urmatoarele categorii:

- teodolite de mare precizie, sau astronomice, la care lecturile se fac pâna la zecime de secunda de arc(Theo 002,Wild T4,Kern DKM 3);
- teodolite propriu-zise, la care determinarile se fac pâna la o secunda de arc (Theo 010,Wild T2,Kern DKM2) ;
- teodolitele tahimetrice la care determinarile se fac la minut de arc (Theo 020, Theo 030, Wild T1A, Wild T16, Kern DKM 1) precum şi teodolite tahimetrice de santier, la care determinarile se fac la 10 minute de arc.

Clasificarea dupa gradele de libertate ale miscarii cercului orizontal gradat se face în:

- teodolite simple, la care numai cercul alidad se poate misca în jurul axei verticale;
- teodolitele repetitoare, la care atât cercul alidad cât şi limbul au posibilitatea misca în jurul axei verticale;
- teodolitele reiteratoare, la care miscarea limbului în jurul axei verticale se face prin intermediul unui surub exterior, numit reiterator,

.1. Schema generala a teodolitului clasic.

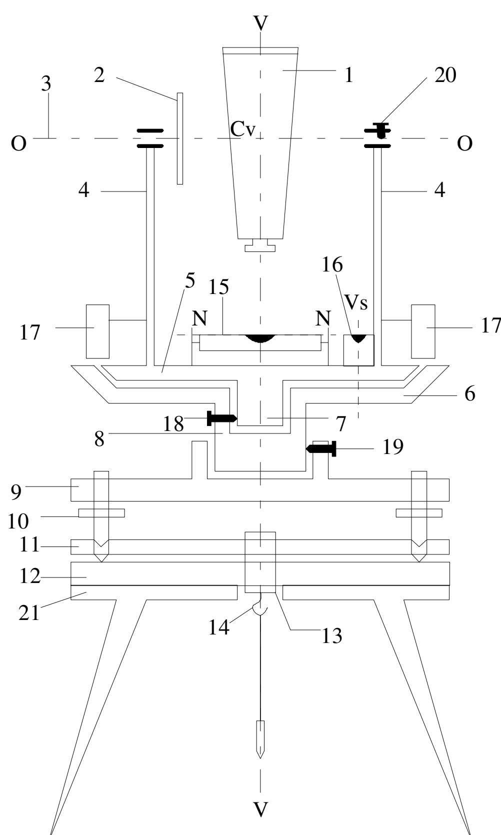


Figura 4.1- Schema generala a teodolitului.

Întregul aparat se compune din infrastructura şi suprastructura. Infrastructura este cuprinsa între ambaza teodolitului şi limb inclusiv, iar suprastructura este compusa din restul partilor componente, toate putându-se misca în jurul axei verticale V-V).

Partile componente, asa cum sunt prezentate în figura 5.1 sunt:

1 - luneta teodolitului; 2 - cercul vertical; 3 - axa de rotatie a lunetei; 4 - furcile lunetei; 5 - cercul alidad; 6 - cercul gradat orizontal (limbul); 7 - axul teodolitului; 8 - coloana tubulara a axului teodolitului; 9 - ambaza teodolitului; 10 - suruburi de calare; 11 - placa de tensiune a ambazei; 12 - placa ambazei; 13 - surub de prindere (surub pompa); 14 - dispozitiv de prindere a firului cu plumb; 15 - nivela torica a cercului orizontal; 16 - nivela sferica a cercului orizontal; 17 - dispozitiv de citire a cercului orizontal; 18 - surub de blocare a cercului alidad; 19 - surub de blocare a limbului; 20 - surub de blocare a miscarii lunetei; 21 - ambaza trepiedului; VV - axa principala a teodolitului (verticala); OO - axa secundara a lunetei; NN - directricea nivelei torice; VsVs - axa nivelei sferice; Cv - centrul de vizare al teodolitului.

La vizarea unui obiect îndepartat, teodolitul are posibilitate de miscare în jurul axei principale de rotatie, V-V si posibilitate de miscare a lunetei si cercului vertical într-un plan vertical în jurul axei orizontale secundare O-O.

.2. Axele teodolitului.

Din punct de vedere constructiv teodolitul are trei axe şi anume:

1. axa V-V, numita şi principala, care este axa de rotatie a suprastructurii aparatului. În timpul masuratorilor, aceasta trebuie sa fie verticala;

2. axa O-O, numita şi secundara, care este axa în jurul careia se roteste luneta împreuna cu cercul vertical;
3. axa r-O (reticul-obiectiv) numita şi de vizare, care este linia materializând directia spre care se efectueaza masuratoarea.

Toate cele trei axe trebuie sa se întâlneasca în acelaşi punct, Cv, numit centrul de vizare al teodolitului.

.1. Parti componente ale teodolitului.

.2. Luneta topografica.

Lunetele instrumentelor topografice sunt constituite ca un dispozitiv optic ce serveste la vizarea, la distanta, a obiectelor numite şi semnale topografice, a caror imagine obtinuta prin luneta este clara şi marita, imposibil de obtinut cu ochiul liber. În afara de aceasta, luneta poate servi şi la determinarea distantelor (masurare) pe cale optica, procedeul numindu-se determinarea stadimetrica a distantelor.

Dupa modul de alcatuire, se disting lunete:

- cu focusare exterioara, la care planul imaginii este fix iar planul reticulului este mobil. Au fost folosite la aparatele vechi, iar acum nu se mai construiesc.
- cu focusare interioara, la care planul imaginii este mobil iar cel al reticulului este fix.

Luneta cu focusare exterioara (figura 5.2) se compune din:

1- tub obiectiv; 2 - tub ocular; 3 - obiectiv; 4 - ocular; 5 - reticul; 6 - lentila divergenta de focusare; 7 - surub de focusare; 8 - surub cremaliera; 9 - suruburi de rectificare a firelor reticulare; 10 - locul de formare al imaginii în absenta lentilei de focusare; O_1 - centrul optic al obiectivului; O_2 - centrul optic al ocularului; r - centrul reticulului; xx - axa geometrica a lunetei; O_1O_2 - axa optica a lunetei; a - distanta variabila între lentila de focusare şi obiectivul fix ; p' - distanta variabila între obiectiv şi imagine.

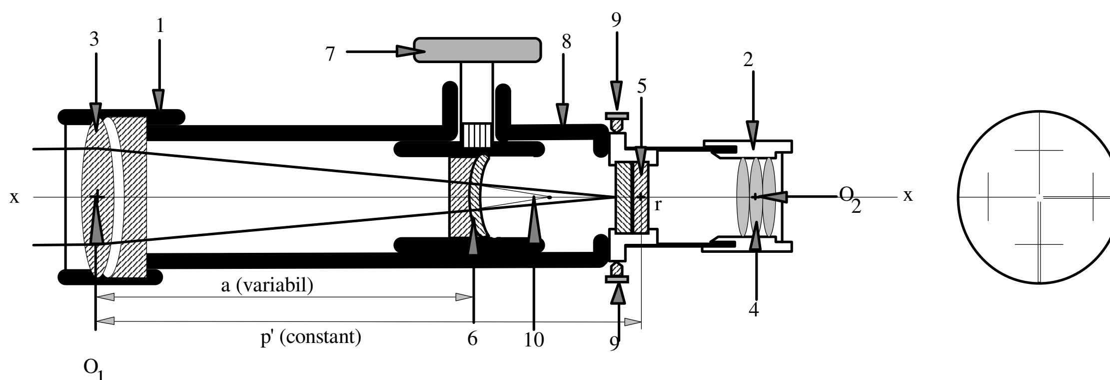


Figura 4.2 - Luneta topografica.

Spre deosebire de luneta cu focusare exterioara, la cea cu focusare interioara, planul firelor reticulare este fix, iar claritatea imaginii se realizeaza prin deplasarea unei lentile numita de focusare. Lungimea lunetelor este variabila la cele cu focusare exterioara şi constanta la cele cu focusare interioara.

Pentru a nu se pierde timp cu cautarea obiectului ce se doreste a se viza, pe luneta se amplaseaza un dispozitiv, tip cui - catare sau mai nou un colimator, care odata suprapus peste obiectul vizat asigura existenta în câmpul vizual al lunetei a obiectului vizat.

Axele lunetei, care trebuie sa coincida între ele, sunt materializate de:

1. axa optica, determinata de centrele optice ale obiectivului şi ocularului şi nu este materializata;
2. axa geometrica, sau de simetrie, este determinata de centrele celor doua sau trei tuburi concentrice şi deasemeni nu este materializata;
3. axa de vizare, determinata de centrul r al firelor reticulare şi centrul optic al obiectivului, fiind singura axa materializata.

Reticulul lunetei este format dintr-o placa de sticla pe care sunt gravate foarte fin trasaturi numite fire reticulare. În cazul în care se constata descentrarea centrului firelor reticulare de la axa geometrica a lunetei, aceasta este prevazuta cu suruburi de rectificare în plan orizontal, respectiv vertical, care prin actionare permit readucerea centrului pe axa geometrica. La lunetele moderne reticulul este fix şi se afla în planul focal anterior al ocularului.

Punerea la punct a lunetei se executa în doua faze şi anume:

a).punerea la punct a imaginii firelor reticulare se realizeaza prin îndreptarea lunetei spre o suprafata de culoare deschisa, iar prin rotirea ocularului se tinde la obtinerea unei imagini clare a firelor. Operatiunea se executa la începutul unei zile de masuratori şi ramâne valabila atât timp cât nu se schimba operatorul la aparat.

b).punerea la punct a imaginii obiectului vizat urmareste sa realizeze o claritate maxima a imaginii prin actionarea surubului de focusare. Acest lucru se realizeaza când planul imagine se suprapune cu cel al firelor reticulare. Operatiunea se numeste focusare şi se executa la fiecare vizare cu luneta, deoarece depinde de distanta de la obiect la aparat.

Ordinea operatiilor este strict obligatorie în succesiunea în care este prezentata mai sus; inversarea ordinii conduce la alterarea claritatii imaginii obiectului vizat când se realizeaza claritatea firelor.

Punctarea obiectelor vizate este operatiunea prin care se aduce centrul firelor reticulare pe punctul matematic al obiectului vizat. Operatiunea se realizeaza în etape succesive:

4. se suprapune dispozitivul de vizare aproximativa (cui-catare sau colimator) peste imaginea obiectului vizat.În acest moment în câmpul vizual al lunetei apare imaginea neclara a obiectului. Se focuseaza imaginea cu ajutorul surubului de focusare.
5. se deplaseaza luneta în plan vertical pâna ce firul reticular orizontal se suprapune peste punctul vizat, actionând din surubul de fina miscare în plan vertical.
6. se deplaseaza firul reticular vertical pâna ce se ajunge pe punctul vizat, prin actionarea surubului de fina miscare în plan orizontal.

.1. Nivelele teodolitului.

Sunt dispozitivele care servesc la orizontalizarea sau verticalizarea unor drepte, precum şi la masurarea unor unghiuri mici de panta. Se disting urmatoarele tipuri de nivele:

sferica, (figura 5.3) formata dintr-o fiola de forma cilindrica, având la partea superioara forma unei calote sferice. Interiorul este umplut cu eter sau alcool, lasându-se un mic spatiu ce formeaza o bula de vapori saturati de lichid. Partea centrala a calotei reprezinta punctul central al nivelei prin care trece axa verticala V_s -V_s a acesteia. Pe calota fiolei se graveaza cercuri concentrice cu diametrul marit cu 2 mm. Întregul ansamblu se fixeaza într-o montura protectoare din material plastic dur sau metal.

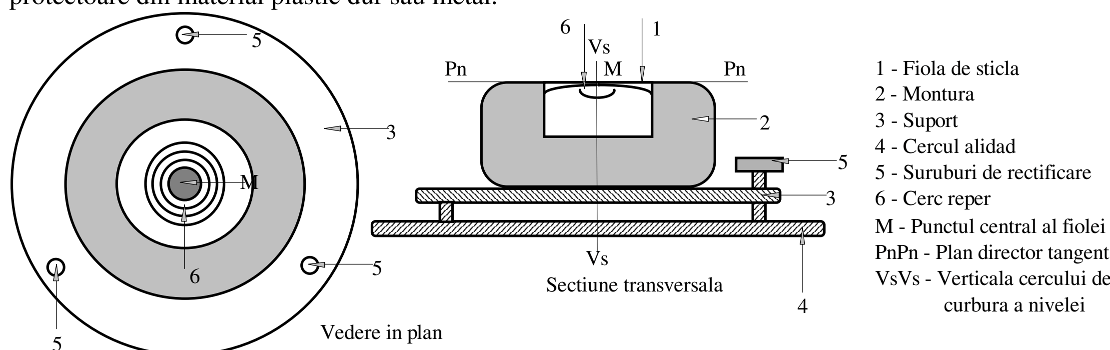


Figura 4.3 - Nivela sferica.

torica, (figura 5.4.) formata dintr-o fiola în forma de tor (cilindru curbat dupa un arc de cerc), umpluta cu aceleaşi lichide ca şi nivela sferica. La partea superioara a fiolei se graveaza trasaturi simetrice fata de mijlocul ei, la interval de 2 mm una de cealalta. Atunci când centrul bulei coincide cu centrul fiolei, tangenta la centrul fiolei devine orizontala. Tangenta poarta denumirea de directrice a nivelei.

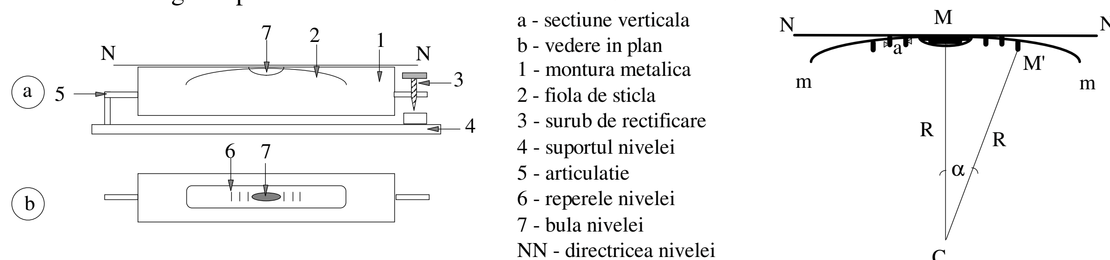


Figura 4.4 - Nivela torica.

Marimea ce caracterizeaza o nivela se numeste sensibilitate şi reprezinta unghiul la centru de înclinare a fiolei pentru o deplasare a bulei de 2 mm. Cu cât unghiul este mai mic cu atât sensibilitatea este mai mare şi invers. Acest lucru se obtine la nivelele cu raza de curbura cât mai mare.

Un caz particular al acestui tip de nivela este <u>*nivela cu coincidenta*</u>, (figura 5.5),la care semiimaginile capetelor bulei nivelei sunt aduse, printr-un sistem de prisme, într-un ocular sectionat în doua jumatati pe verticala. Când capetele sunt în prelungire, centrul bulei coincide cu centrul nivelei. Procedeul prin coincidenta este de pâna la 10 ori mai precis decât cel cu repere gravate.

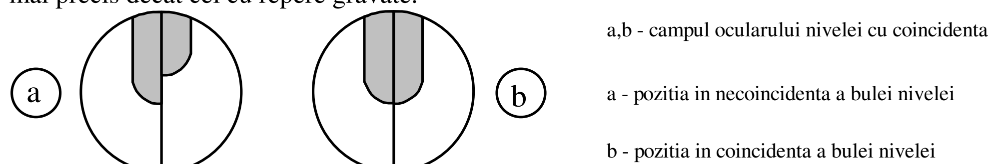


Figura 4.5 - Nivela cu coincidenta.

Daca vom realiza o nivela compusa din doua toruri dispuse cu curburile opuse una fata de cealalta, deci ambele fete vor fi convexe, realizam o nivela butoias, care atasata unui dispozitiv ce-i va permite rotirea convenabila, va putea sa lucreze prin rasucire fie pe o fata fie pe cealalta.

.2. Metode de masurare a unghiurilor.

Operatiunile necesare masurarii unghiurilor constau din urmatoarea succesiune:

- verificarea şi eventual rectificarea teodolitului;
- asezarea în statie a teodolitului;
- vizarea punctului, facuta pentru determinari azimutale la baza semnalului, prin suprapunerea peste acesta sau bisectare a firului reticular vertical, iar pentru determinarea unghiului zenital prin suprapunerea firului reticular orizontal peste semnal, fie la înaltimea (I) a instrumentului, fie la înaltimea (S) a semnalului. Anterior însa este necesara vizarea aproximativa cu ajutorul colimatorului, punerea la punct a imaginii firelor reticulare şi apoi a imaginii obiectului vizat (semnal geodezic).
- efectuarea determinarilor propriuzise.

.3. Masurarea unghiurilor orizontale.

Functie de numarul punctelor spre care se vor face determinarile, metodele de masurare se refera la masurarea unghiurilor izolate, daca este vorba de unghiul format de doua puncte vizate, sau de unghiuri dispuse în tur de orizont daca este vorba de mai mult de 2 puncte vizate.

metoda diferentei citirilor sau simpla - se foloseste la determinarea unghiului format de directiile catre doua puncte, fara o precizie deosebita. Pentru aceasta (figura 5.6) se procedeaza astfel: se elibereaza miscarea înregistratoare a cercului orizontal gradat, se vizeaza punctul A în pozitia I a lunetei (cerc vertical stânga) şi se efectueaza citirea c_1; se deblocheaza miscarile generale ale aparatului şi se vizeaza punctul B, cu luneta tot în pozitia I; se efectueaza citirea c_2. Valoarea unghiului format de directiile catre punctele A si B va fi data de diferenta citirilor :

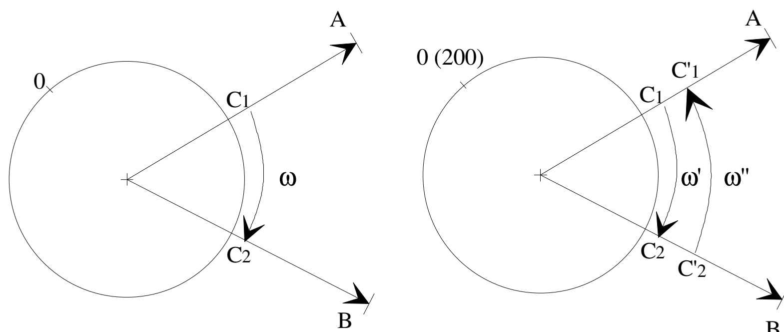


Figura 4.6 - Metoda diferentei citirilor.

$$\omega = c_2 - c_1 \qquad [5.1]$$

Daca operatiunile descrise mai sus se completeaza cu vizarea în pozitia a doua a lunetei, se va obtine o valoare mai precisa a valorii unghiului dintre cele doua directii. Pentru aceasta a doua faza se rotesc aparatul şi luneta cu câte 200^g, cercul vertical fiind acum în dreapta lunetei (pozitia a II-a), dupa care se vizeaza punctul B şi se efectueaza citirea c_2'; se vizeaza punctul A, prin rotirea aparatului în sens antiorar şi se efectueaza citirea c_1'. Unghiul masurat în pozitia I va fi:

$$\omega' = c_2 - c_1 \qquad [5.2]$$

iar în pozitia a II-a va fi :

$$\omega'' = c_2' - c_1' \qquad [5.3]$$

Daca diferenta celor doua determinari se încadreaza în toleranta admisa, atunci valoarea cea mai probabila a unghiului va fi media aritmetica a celor doua determinari.

$$\omega = \frac{\omega' + \omega''}{2} \qquad [5.4]$$

Un caz particular al acestei metode este cel în care pe directia initiala, în pozitia I se aduce valoarea zero a cercului orizontal gradat.În acest caz, citirea initiala devenind 0,rezulta ca citirea facuta pe punctul B este chiar marimea unghiului ce se doreste a se masura, în pozitia I a lunetei. Prin aducerea aparatului în pozitia a II-a a lunetei, valoarea unghiului va fi data de diferenta între c_2' şi 200^g. Cu cele doua valori obtinute, daca acestea se înscriu în tolerante, se calculeaza media ca fiind valoarea cea mai probabila a unghiului ω.

metoda repetitiei - se foloseste la determinarea cu precizie sporita a unghiurilor izolate, atunci când pentru masuratori este folosit un instrument repetitor (figura 5.7). Ne propunem sa determinam unghiul sub care se vad din punctul de statie punctele A si B prin trei repetitii.Principial, metoda foloseste de fiecare data drept origine a citirilor, valoarea directiei determinata în masuratoarea anterioara. Pentru determinarea unghiului între doua directii concurente în punctul de statie, cu

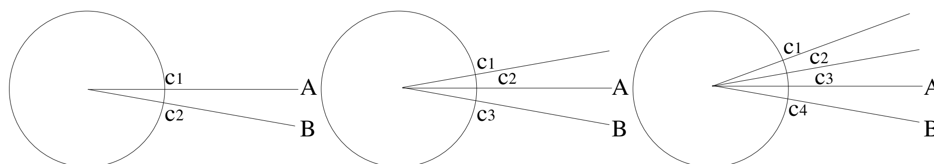


Figura 4.7 - Metoda repetitiei.

instrumentul în pozitia I a lunetei se vizeaza punctul A si se efectueaza citirea c_1; se vizeaza punctul B caruia i-ar corespunde citirea c_2 care însa nu se efectueaza; în schimb dupa vizarea punctului B se blocheaza miscarea înregistratoare, se deblocheaza miscarea generala în plan orizontal si se vizeaza punctul A. Se deblocheaza miscarea înregistratoare si se revizeaza punctul B; citirea corespunzatoare ar fi c_3, care la fel ca si c_2 nu se efectueaza. Dupa aceasta secventa am efectuat doua "repetitii" pentru masurarea unghiului între directiile spre punctele A si B. În sfârsit, dupa vizarea punctului B se blocheaza miscarea înregistratoare, se deblocheaza miscarea generala în plan orizontal, se vizeaza A, se deblocheaza miscarea înregistratoare si cea generala în plan orizontal si se vizeaza B. Numai acum se poate face citirea la dispozitivul de citire a cercului orizontal. Valoarea cea mai probabila a unghiului masurat prin cele trei repetitii va fi obtinuta cu relatia :

$$\omega = \frac{c_4 - c_1}{3} \qquad [5.5]$$

Metoda se aplica în cazul masurarii unghiurilor izolate, în ambele pozitii ale lunetei, în situatia în care se dispune de un aparat cu o precizie de citire mai mica decât precizia ceruta pentru determinarea unghiului.

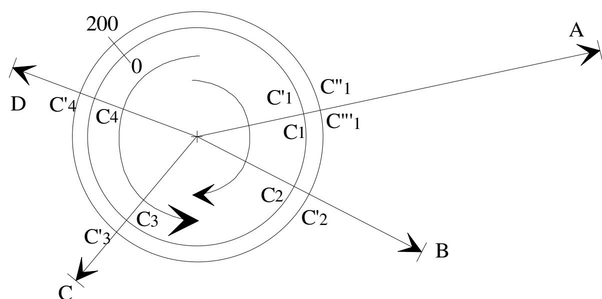


Figura 4.8 - Metoda seriilor.

<u>*metoda seriilor*</u> (sau reiteratiilor) se foloseste de fiecare data când se urmareste determinarea marimii unghiurilor dintr-un punct de statie în care converg mai multe vize (figura 5.8). Din totalitatea vizelor, se alege ca directie de referinta (initiala) viza cea mai lunga, de la care se vizeaza toate celelalte puncte,în ordine, în sens orar, încheindu-se turul de orizont tot pe viza initiala. Pentru acest tur de orizont, luneta aparatului este în pozitia I (cerc vertical stânga). Se aduce aparatul în pozitia a doua, se vizeaza aceeaşi directie initiala, dupa care vizarea se desfasoara în sens antiorar pâna la închiderea pe aceeaşi viza initiala. Valorile masurate se prelucreaza, procedându-se la calculul mediilor între cele doua pozitii, a neînchiderii si a corectiei totale si unitare si prin aplicarea celei din urma la obtinerea valorilor compensate pentru directiile masurate. Pentru exemplificare se prezinta mai jos (tabelul 5.1) un exemplu de prelucrare.

Prin efectuarea diferentei între directia initiala (considerata valoare justa) catre punctul A sI directia finala (considerata viza afectata de erori) tot catre punctul A, se obtine valoarea corectiei totale:

$$c = 10{,}1263^g - 10{,}1375^g = -1^c12^{cc}$$

Pct st.	Pct.vizat	Pozitia I	Pozitia II	Medii	Corectie	Unghi comp.
A	1	10.123	210.13	10.126	0	10.1263
	2	95.568	295.57	95.566	-0.0028	95.5635
	3	153.23	353.23	153.23	-0.0056	153.2194
	4	301.18	101.18	301.18	-0.0084	301.1741
	1	10.135	210.14	10.138	-0.0112	10.1263

Tabelul 4.1-Compensarea seriilor

Acesta valoare se va repartiza proportional fiecarei vize, cu o cantitate c_u adica :

$$c_u = \frac{c}{n} = -28^{cc}$$

Viza initiala fiind neafectata de erpri nu va primi nici o corectie, viza catre punctul B va primi c_u, viza catre punctul C va primi $2.c_u$ sI asa mai departe pâna la viza de închidere care va primi $4.c_u$. Se observa ca prin aplicarea coretiei corespunzatoare la valoarea masurata, viza finala devine egala cu viza initiala.

Daca se doreste o crestere a preciziei determinarilor se pot executa mai multe serii, însa cu origini diferite ale directiei initiale. Intervalul între serii se stabileste cu relatia:

$$I = \frac{400^g}{m \cdot n} \qquad [5.6]$$

unde I reprezinta intervalul între serii; m - numarul dispozitivelor de citire (în general 2); n - numarul de serii ce se executa.

Daca observatiile se fac numai într-o singura pozitie a lunetei, de obicei în sens orar, metoda se numeste a <u>*turului de orizont.*</u>

.4. Masurarea unghiurilor verticale.

Pentru masurarea unghiurilor verticale se procedeaza în felul urmator:

- se instaleaza aparatul în punctul de statie, se centreaza şi se caleaza;
- se masoara înaltimea aparatului (notata cu i);
- se vizeaza semnalul din punctul B, fie la înaltimea aparatului fie la înaltimea s a semnalului, prin aducerea firului reticular orizontal la unul din cele doua repere mentionate mai sus; se citeste unghiul vertical la dispozitivul de citire.

Dupa pozitia originii diviziunilor cercului vertical, se pot determina, fie unghiuri zenitale, când originea este îndreptata spre zenit (în sus, pe verticala) fie unghiuri de panta, daca originea este pe directia orizontalei ce trece prin centrul de vizare al aparatului.

Masurarea unghiurilor de panta se face cu luneta în ambele pozitii, calculându-se media:

pozitia I $\alpha_1 = c_1$ [5.7]

pozitia a II-a $\alpha_2 = 200^g - c_2$ [5.8]

de unde rezulta:

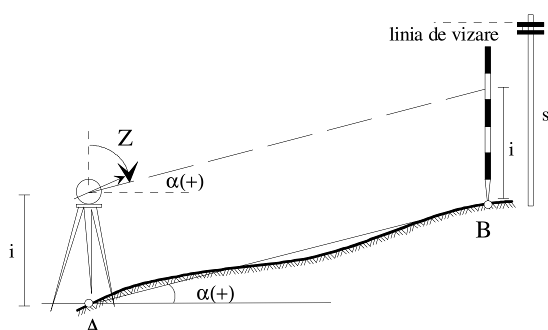


Figura 4.9 - Masurarea unghiurilor verticale.

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{c_1 + \left(200^g - c_2\right)}{2} = \frac{c_1 - c_2}{2} + 100^g \quad [5.9]$$

ca valoarea cea mai probabila a determinarilor.

În cazul masurarii unghiurilor zenitale relatiile de calcul devin:

pozitia I $Z_1 = c_1$ [5.10]

pozitia a II-a $Z_2 = 400^g - c_2$ [5.11]

de unde rezulta:

$$Z = \frac{Z_1 + Z_2}{2} = \frac{c_1 + \left(400^g - c_2\right)}{2} = \frac{c_1 - c_2}{2} + 200^g \quad [5.12]$$

Pentru calculul unghiului de panta prin masurarea unghiului zenital se foloseste relatia:

$$\alpha = 100^g - Z \quad [5.13]$$

din care se poate constata ca unghiul de panta este o marime algebrica; acesta este pozitiv pentru toate punctele situate deasupra liniei orizontului şi negativ pentru toate punctele situate sub linia orizontului ce trece prin centrul de vizare al unui teodolit instalat într-un punct de statie. Pornind de la relatia [5.13], se poate scrie ca:

$$\alpha_1 = 100^g - Z_1 ; \qquad \alpha_2 = Z_2 - 300^g \quad [5.14]$$

iar controlul citirilor se face cu relatia :

$$Z_1 + Z_2 = 400^g \quad [5.15]$$

.5. Precizia masurarii unghiurilor cu teodolitul.

Daca urmarim succesiunea operatiunilor efectuate într-o statie pentru masurarea unui unghi, indiferent de metoda, vom constata ca la toate metodele a trebuit sa :

1. centram aparatul pe punctul de statie, operatiune care atrage dupa sine comiterea unei erori m_C = eroare de centrare a aparatului în statie;
2. vizam un semnal instalat în punctul vizat, deci sacomitem eroarea m_r = eroarea de centrare a semnalului vizat (de reductie)
3. efectuam masuratoarea propriuzisa, citind valorile directiilor la dispozitivele de citire, ocazie cu care am comis eroarea m_m = eroarea de masurare propriuzisa;
4. am utilizat un instrument care oricât de precis ar fi are totusi erori constructive, sau erori instrumentale m_i;
5. efectuam masuratorile în conditii meteo mai mult sau mai putin favorabile, dar în nici un caz ideale, motiv pentru care observatiile sunt influentate de m_{CE} = eroarea datorita conditiilor exterioare.

Orice directie masurata într-o pozitie a lunetei este influentata de erorile mentionate mai sus cu o cantitate:

$$m_1 = \sqrt{m_c^2 + m_r^2 + m_m^2 + m_i^2 + m_{CE}^2} \quad [5.16]$$

Deoarece unghiul este compus din doua directii, rezulta ca eroarea unui unghi va fi dublul erorii unei directii, şi deci:

$$m_\omega = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} \quad [5.17]$$

Pentru unghiurile masurate în ambele pozitii ale lunetei, eroarea unghiului va fi egala cu eroarea directiei .